

淹水的蔥頭田可作為岸鳥於秋過境期間 的替代覓食棲地

Flooded shallot fields as alternative foraging habitat for shorebird during
autumn migration period

黃書彥*

Shu-Yen Huang

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號
Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantao, Taiwan

*通訊作者：shuyung2001@tesri.gov.tw

*Corresponding author: shuyung2001@tesri.gov.tw

摘要

在潮間帶灘地不斷減少下，人為濕地對岸鳥保育日益重要。水稻田已知是岸鳥會利用的人為濕地類型，但對於岸鳥利用旱田的相關研究較為缺乏。蔥頭(分蔥, *Allium ascalonicum*)是臺南沿海的重要旱作作物之一，其中以七股為最大產區。農民每年非種植期的 6-9 月會將蔥頭田蓄水，淹水的農田形成了暫時性濕地，吸引岸鳥前來利用。本研究針對七股淹水蔥頭田進行底棲大型無脊椎動物相調查，以評估可供岸鳥的潛在食物資源。此外並在水位降低的蔥頭田進行覆網實驗，以了解岸鳥如何利用這些食物。水生寡毛類為淹水期間蔥頭田中最優勢的底棲大型無脊椎動物。但在農民為了去除福壽螺而施撒苦茶粕之後，水生寡毛類密度顯著減少，搖蚊幼蟲成為最優勢的類群。淹水的蔥頭田於 9 月中會陸續排水準備耕作，水位降低的田裡吸引許多岸鳥覓食。岸鳥以搖蚊幼蟲為主要捕食對象，並顯著減少其密度，於 3 天的實驗期間平均約減少了 66%。本研究證實淹水蔥頭田於秋過境期間提供了岸鳥適合的覓食棲地。

關鍵字：岸鳥、底棲大型無脊椎動物、蔥頭田、苦茶粕、覆網實驗

Abstract

With continuous loss and degradation of intertidal mud flats, artificial wetlands have become increasingly important for the conservation of shorebirds. Rice fields are known to provide habitats for shorebirds, but there is a lack of research on upland crops. Shallot (*Allium ascalonicum*) is an important upland crop in the coastal areas of Tainan, of which Qigu is the largest producing area. The shallot fields are flooded from June to September during the non-planting season and attract shorebirds. In this study, a benthic macroinvertebrate survey was conducted on flooded shallot fields at Qigu to assess the potential food resources of shorebirds. In addition, an exclosure experiment was conducted to understand how shorebirds exploit these foods. Aquatic oligochaetes were the most abundant benthic macroinvertebrates in flooded period. However, after the farmers used tea seed meal to kill *Pomacea canaliculata*, the density of aquatic oligochaetes was significantly reduced, and chironomid larva became the most abundant group. The flooded fields were drained after mid-September. Several species of shorebirds were attracted to fields with lower water level. Shorebirds mainly feed on chironomid larvae and significantly reduce their density. During the 3-day exclosure experiment, the average density of chironomid larvae was reduced by 66%. This study confirms that the flooded shallot fields provide suitable foraging habitats for shorebirds during autumn migration period.

Key words: shorebirds, benthic macroinvertebrates, shallot fields, tea seed meal, exclosure experiment

緒言

東亞-澳洲遷徙線(East Asian-Australasian Flyway, EAAF)北起西伯利亞及阿拉斯加，南至澳洲及紐西蘭，是世界 9 大鳥類遷徙線之一。許多於 EAAF 遷徙的岸鳥(shorebirds)，族群數量已呈現長期下降趨勢(Nebel *et al.* 2008; Amano *et al.* 2010; Minton *et al.* 2012)。研究指出沿海潮間灘地的棲地消失是導致許多岸鳥族群快速下降的主因(Piersma *et al.* 2016; Studds *et al.* 2017)。東亞沿海地區快速開發，導致潮間帶濕地遭受破壞，中國、北韓及南韓的潮間帶面積自 1980s 平均每年減少 0.82 % (Murray and Fuller 2015)。此外，全球暖化導致海平快速上升，預期未來將淹沒許多沿海潮間濕地，對岸鳥族群造成不利影響(Iwamura *et al.* 2013)。

臺灣位處 EAAF 中央，是許多遷徙性水鳥過境及度冬棲地。臺灣的沿海濕地亦面臨潮間帶泥灘地不斷消失問題。臺灣西部泥灘地面積在 1928 年至 2016 年間，減少了約 59% (陳宛均私人通訊)。此外，臺灣鳥類紅皮書報告(Lin *et al.* 2016)比較 2004 年及 2016 年資料，顯示臺灣濕地鳥類受脅物種指數上升。受脅鳥種共有包含了琵嘴鷸、諾氏鷸、大濱鷸等 11 種岸鳥。

面對自然灘地不斷減少的情況下，人為濕地的水鳥保育功能日益受到重視。在特定的經營方式或操作過程中，農田(Strum *et al.* 2013; Sesser *et al.* 2016)、鹽田(Masero 2003; Sripanomyom *et al.* 2011; Dias *et al.* 2014) 及水產養殖池(Choi *et al.* 2014; Basso *et al.* 2017)等人為濕地提供了水鳥可以利用的機會，降低自然濕地減少帶來的衝擊。世界各地針對岸鳥利用水稻田已有相當多研究(Masero *et al.* 2011; Norling *et al.* 2012; Dias *et al.* 2014; Nam *et al.* 2015; Golet *et al.* 2018)，但對於岸鳥利用旱作田的研究較少。因此本研究針對臺南沿海的蔥頭田進行調查，以了解非耕作期間蓄水的旱田是否對水鳥保育有正面助益。

依據農糧署維護的「農情報告資訊網」，蔥頭於 2020 年在臺南市七股區的種植面積為 340 ha，為七股最主要的作物類型。七股區也是全國蔥頭種植面積最大的行政區，其次為臺南市安南區(228 ha)、北門區(159 ha)及將軍區(115 ha)。依據七股鄉誌(許 2010)描述，蔥頭及蒜頭栽種期為每年 10 月，採收期約在每年 2-3 月。根據觀察採收後的農田多數於 4-5 月種植綠肥，6 月之後陸續開始蓄水並維持至下次種植作物前。當地農民表示蓄水目的是要將土壤中的鹽分往下層壓，水源主要來自降雨及灌溉用水，少數亦會抽用地下水。我們

於北門、將軍及安南區的蔥頭田亦有觀察到相似的蓄水操作。

此外，在 9 月中後準備開始排水前，我們也觀察到農民普遍會施撒苦茶粕以去除福壽螺。已加入苦茶粕的淹水農田，可觀察大量福壽螺殼浮在水面並被風吹到田的一角，農民再以網子將其撈除。農民表示去除福壽螺殼主因是避免空殼於田土中在整池翻土時螺殼被機器打碎，造成日後耕作時手腳被螺殼刮傷。

苦茶粕含有豐富的皂素(saponin)，因皂素可改變細胞膜的許多特性(如通透性)能影響生物的生理功能，甚至造成死亡(Francis *et al.* 2002)，已經運用來防治一些有害動物。例如田間施用苦茶粕能有效毒死螺類(Kijprayoon *et al.* 2014; Faria *et al.* 2018)、養蝦池加入苦茶粕可毒死捕食蝦子的掠食性魚類(Terazaki *et al.* 1980; Chiayvareesajja *et al.* 1997)、機場施用苦茶粕降低蚯蚓數量以減少鳥類前來覓食(Seamans *et al.* 2015)。雖然苦茶粕屬於天然資材，用來防治有害生物能降低化學藥劑使用，但皂素也可能造成其它非目標生物不良影響(Faria *et al.* 2018; Jiang *et al.* 2018)。

目前沒有查閱到岸鳥利用淹水蔥頭田的正式發表研究，但透過累積的鳥類紀錄可知淹水期間形成暫時性濕地的蔥頭田提供了許多岸鳥棲息。根據線上即時賞鳥資訊平台 eBird 的紀錄資料，熱門賞鳥點「臺南七股 IBA--三股」就位於蔥頭田中。此熱點目前共累積了 110 筆完整的紀錄清單，其中 73 筆集中在 7-9 月的淹水時期，並有 36 種岸鳥的觀察紀錄。雖然蔥頭田已是許多人熟知的賞鳥熱點，但對於淹水田中岸鳥的食性、捕食強度及潛在食物資源等仍缺乏相關科學研究。

本研究目的旨在為評估蔥頭田對岸鳥保育的價值，研究問題如下：蓄水蔥頭田中底棲大型無脊椎動物相為何？施撒苦茶粕後是否改變底棲大型無脊椎動物組成？耕作前水位降低過程是否能吸引岸鳥前來覓食？岸鳥捕食是否顯著降低底棲大型無脊椎動物數量？岸鳥主要捕食對象為何？底棲大型無脊椎動物密度是否與前來利用的岸鳥密度相關？

材料方法

一、樣區概述

本研究樣區位於臺南市七股區十份里東側的旱田，主要種植作物為紅蔥頭及蒜頭。於 2019 年及 2020 年的 8-9 月的農田淹水期間，針對 8 個徵得農民同意的農田進行底棲大型

無脊椎動物調查(圖 1)。樣區中共 7 個種植蔥頭，1 個種植蒜頭，平均面積為 0.29 ± 0.17 ha。

二、調查方法

上述 8 個淹水農田分為兩組，其中 4 個農民尚未加入苦茶粕，另外 4 個已加入。每個田以塑膠管(直徑 7.5 cm)採集 10 cm 底土，每塊田共採集 6 管，採集地點靠近田的中央或至少離田埂 3 m 距離。採集底土於現場以篩網(孔徑 0.5 mm)篩洗，再將殘留蟲體及雜質以 5%福馬林液固定。樣本攜回實驗室後於解剖顯微鏡下挑出蟲體以 70%酒精保存，並進行鑑定及計數。

淹水農田除採集底棲動物外，亦針對環境因子進行測量。每個田選擇 3 處未擾動水域，以綜合水質儀(Hanna HI9829, USA)測量現地的水質參數(溫度、酸鹼度、鹽度、濁度、溶氧量)。此外，每個田亦選 3 處，以塑膠針筒(直徑 0.8 cm)採 1.5 cm 底土。土樣放入包覆鋁箔紙之離心管後於冰箱保存，攜回實驗室後依環保署公告的乙醇萃取法(NIEA E508.00B)分析底土的葉綠素 a 濃度。

本研究以覆網實驗研究岸鳥捕食作用對蔥頭田中底棲大型無脊椎動物影響。透過覆網阻隔捕食者，可比較沒有岸鳥覓食區域底棲動物數量與有岸鳥覓食區域的差別，藉以分析岸鳥捕食作用對底棲大型無脊椎動物的密度影響及岸鳥捕食種類。上述 8 個蔥頭田樣區中，共針對其中 3 個進行覆網實驗。實驗於 9 月下旬作物耕作前的排水過程進行，並於實驗區域水還未排乾前結束，覆網時間為 3 天。實驗開始前農民皆已在水中施灑苦茶粕防治福壽螺。覆網裝置以塑膠水管及白色塑膠紗網(網目 0.1 cm × 0.1 cm)製成，面積為 1 m × 1 m，高度 0.25 m。實驗分為「覆網內」及「覆網外」兩區。覆網內定義為邊框內的範圍，即覆網遮蔽的區域。覆網外定義為邊框外側 50 cm 範圍內區域。每個蔥頭田設置 1 個覆網，選定位置後，覆網內、外區域於實驗開始前與結束後分別以塑膠水管採集 3 管底土。採集方法及樣本處理方式同上述。

上述 8 個蔥頭田樣區中，共針對其中已開始排水的 5 個樣區進行鳥類調查。鳥類調查期間為採集底棲無脊椎動物當天開始至蔥田水排乾結束為止，每日上下午各進行 1 次調查，記錄出現的鳥種及數量。

三、統計分析

各類底棲大型無脊椎動物數量以 $\log(x+1)$ 轉換後，以主成分分析(Principal components analysis; PCA)分析已加入與未加入苦茶粕的淹水田兩者之間底棲大型無脊椎動物相差異，並加入測量的環境因子作為輔助性變量(supplementary variables)。此外，計算淹水田間的 Bray-Curtis 相似性矩陣，並以相似度分析(analysis of similarities, ANOSIM)檢定兩者的底棲大型無脊椎動物組成是否有顯著差異。若有差異，再以 Mann-Whitney U test 比較各類底棲動物的密度在加入與未加入苦茶粕的淹水田中是否有顯著差異。底棲動物密度的計算方式為將採得數量除以塑膠管之採集面積。

以 paired t-test 分別比較覆網內及覆網外區域，各類底棲大型無脊椎動物數量於覆網實驗開始前與結束後是否有顯著差異。

以 Spearman's rank correlation 分析淹水蔥田優勢底棲動物密度與岸鳥紀錄最高密度是否相關。岸鳥密度為將觀察數量除以該田之面積。

使用 R 3.6.0 軟體進行統計分析。以 vegan 套件進行 PCA 及 ANOSIM 分析。以 stats 套件進行 Mann-Whitney U test、paired t-test、Spearman's rank correlation 分析。

結果

一、苦茶粕對底棲大型無脊椎動物相影響

8 個淹水農田共採集 2,130 隻底棲大型無脊椎動物，主要類群為占整體數量 42.35% 的水生寡毛類(Oligochaeta)、29.01% 的搖蚊幼蟲(Chironomidlarva)、22.68% 的介形類(Ostracoda)及 3.19% 仰泳蟾科(Notonectidae)。此外也採集到福壽螺(*Pomacea canaliculata*)、臺灣蚌蟲(*Eocyzicus taiwanensis*)、牙蟲科(Hydrophilidae)等物種。

將淹水農田分為已加苦茶粕與未加入兩類，由 PCA 分析結果顯示此兩類的農田可以明顯分成兩群，加入苦茶粕的淹水田裡的水生寡毛類數量較少。此外，pH 值愈高，寡毛類數量也愈多(圖 2)，兩者呈正相關(Spearman Rank correlation, $p=0.05$)。以 ANOSIM 檢測兩類農田的底棲大型無脊椎動物組成，結果顯示兩者具有顯著性差異($R=0.964$, $p=0.001$, number of permutations=9,999)。

進一步比較顯示，水生寡毛類在未加入苦茶粕田中密度為 $7,913 \pm 5,896 \text{ ind. m}^{-2}$ 顯著高於已加入的田 $594 \pm 441 \text{ ind. m}^{-2}$ ($p=0.029$, 表 1)；介形類、搖蚊幼蟲及仰泳蟾科的密度則無

顯著差異(表 1)。

二、覆網實驗

進行覆網實驗的 3 個蔥頭田中，搖蚊幼蟲於覆網外的密度於實驗後為 $1,735 \pm 1,714 \text{ ind. m}^{-2}$ 顯著低於實驗前 $5,106 \pm 2,578 \text{ ind. m}^{-2}$ ($p=0.026$, 表 2)，實驗期間平均每天減少 $1,123 \pm 318 \text{ ind. m}^{-2}$ 。但覆網內搖蚊幼蟲密度於實驗前($4,401 \pm 3,098 \text{ ind. m}^{-2}$)與覆網後($5,659 \pm 2,827 \text{ ind. m}^{-2}$)則無顯著差異($p=0.169$, 表 2)。其餘水生寡毛類、介形類及仰泳蟚科的密度於覆網外或內在實驗前後則皆無顯著差異(表 2)。綜上結果顯示岸鳥主要捕食對象為搖蚊幼蟲，並顯著減少其族群密度，於 3 天的實驗期間平均約減少 66.0%。實驗期間，每次調查的岸鳥密度平均為 $292 \pm 184 \text{ ind. ha}^{-1}$ 。

三、底棲大型無脊椎動物與岸鳥關係

針對 5 個水位已降低的淹水田調查顯示，岸鳥以長趾濱鷸(*Calidris subminuta*)、鷹斑鷸(*Tringa glareola*)、小環頸鷸(*Charadrius dubius*)、高蹺鷸(*Himantopus himantopus*)的數量較多(表 3)。分析岸鳥與底棲大型無脊椎動物兩者密度關係顯示，底棲大型無脊椎動物的總密度與岸鳥調查到最大密度無顯著相關(Spearman Rank correlation, $p=0.285$)。但搖蚊幼蟲密度較高的田，岸鳥調查到的最大密度也較高(圖 3)，兩者呈正相關(Spearman Rank correlation, $p=0.037$)。

討論

苦茶粕主要用來防治福壽螺，雖為有機資材能降低化學農藥使用，但其所含皂素也會造成一些非目標生物死亡。根據研究(Jiang *et al.* 2018)苦茶粉的皂素萃取液對螺(*Lymnaea stagnalis*)的半數致死劑量(LD_{50})為 2.23 (mg/L)，對兩種水生寡毛類(*Tubifex tubifex*、*Lumbriculus variegatus*)為 2.77 及 1.95 (mg/L)，對搖蚊幼蟲(*Chironomus riparius*)則為 104 (mg/L)。本研究中外水生寡毛類密度在已加入苦茶粕的田中顯著低於未加入者(表 1)，搖蚊密度於兩者間則無顯著差異。因此由本研究與上述研究推論，苦茶粕對於螺類及水生寡毛類具較高的致死力，搖蚊幼蟲則具有較高的耐受性。

研究結果顯示寡毛類在 pH 值較低時數量較少(圖 2)。pH 值則可能受到加入苦茶粕影響，根據研究苦茶粕溶於水中呈現酸性(Chang and Yeh 2014)，因此施撒後會降淹水田的 pH 值。

苦茶粕中的皂素能破壞魚類的呼吸上皮細胞，對魚類也具很高的毒性(Roy *et al.* 1990)。我們於研究過程中也在已施用苦茶粕的田中發現有許多死魚，記錄種類包括吳郭魚(*Oreochromis* hybrids)、土虱(*Clarias* sp.)、鯽(*Carassius auratus auratus*)、鰲(*Hemiculter leucisculus*)、臺灣吻鰕虎(*Rhinogobius formosanus*)等。

淹水期間的蔥頭田與許多水田研究相似(Taft and Haig 2005; Kasamesiri and Thaimuangphol 2019)，以水生寡毛類為最優勢的底棲大型無脊椎動物。到了耕作前農民會先施撒苦茶粕清除福壽螺，之後開啟閘門排乾田中積水。覆網實驗於排水期間水位下降的過程進行，水生寡毛類可能已因苦茶粕而大量死亡，搖蚊幼蟲成為最優勢的類群(表 2)。搖蚊幼蟲在覆網外的密度於覆網實驗結束後顯著降低，但於覆網內的密度於實驗前後則無顯著差異。結果暗示覆網外的搖蚊幼蟲遭受捕食而減少；覆網內因阻隔了捕食者故數量變化差異不大。可能影響覆網外搖蚊幼蟲減少的可能原因分述如下。

覆網外的底棲動物減少，有可能是被岸鳥以外的其它掠食者捕食(Quammev 1984)。例如在潮間帶、鹽沼、溪流等濕地中的覆網實驗，魚類捕食也造成底棲無脊椎動物顯著減少(Sardá *et al.* 1998; Thrush 1999; Silva *et al.* 2020)。但本研究實驗前淹水田中已加入苦茶粕造成魚類大量死亡，因此覆網外搖蚊幼蟲減少可排除魚類捕食。

搖蚊幼蟲也可能因為羽化為成蟲而減少。但若發生大量幼蟲羽化，不論覆網外或覆網內的搖蚊幼蟲都應該減少。但本研究覆網內的搖蚊幼蟲密度，於實驗前後沒有顯著差異。因此覆網外搖蚊幼蟲密度減少可排除是大量羽化造成。

底棲動物在覆網內、外之間移動也是影響實驗結果的可能因素(Quammev 1981; Thrush *et al.* 1994; Sewell 1996)。因此覆網外搖蚊幼蟲的減少，可能是其往覆網內移動所致。若此現象發生，預期覆網內的搖蚊數量應該增加。但本研究覆網內的搖蚊幼蟲密度，於實驗前後沒有顯著差異。因此搖蚊幼蟲應沒有大量往覆網內遷移。綜合上述，可確認覆網外搖蚊幼蟲的減少應是岸鳥捕食造成。

本研究搖蚊幼蟲為岸鳥的主要捕食對象，可能原因是其為實驗期間田中最優勢的底棲無脊椎動物。研究指出岸鳥通常採取機會性捕食策略(Davis and Smith 2001; Hamer *et al.* 2006)，

例如許多研究案例中搖蚊幼蟲為優勢的底棲無脊椎動物，也是岸鳥捕食最多的類群 (Székely and Bamberger 1992; Sánchez *et al.* 2006; Eldridge *et al.* 2009; Pedro and Ramos 2009; Ueng *et al.* 2009)。此外，也有研究指出岸鳥偏好以搖蚊等雙翅目幼蟲為食，即使牠們不是底質中最多的類群 (Mitchell and Grubaugh 2005; Smith *et al.* 2012)。本研究結果顯示岸鳥密度與底棲大型無脊椎動物的總密度無顯著相關，但與搖蚊幼蟲密度呈顯著正相關，也暗示岸鳥可能偏好捕食搖蚊幼蟲。

淹水蔥頭田中水生寡毛類、介形蟲、仰泳蟬科不論覆網外或內，其密度於實驗前後皆無顯著差異，顯示其受岸鳥捕食壓力較低。但根據岸鳥食性的相關研究 (Smith *et al.* 2012; Nam and Kim 2017)，這些類群也是岸鳥會取食對象。本研究中仰泳蟬科於覆網外的數量於實驗結束後皆是 0，暗示可能遭岸鳥捕食，但因其移動能力較強、分布較不均勻且研究樣本數少，與實驗前的資料無法達顯著的統計差異。

本研究覆網外的搖蚊幼蟲密度於 3 天的實驗時間平均約減少了 66.0%，顯示遭受岸鳥的捕食壓力很大。能量需求及遷徙策略可能是影響捕食壓力的原因之一 (Hamer *et al.* 2006)。岸鳥的過境地點大致可分為兩類 (Skagen and Knopf 1994)，包括停留時間較長以進行能量補充的中途停棲地 (staging site)，以及短暫停留的中途休息地 (stopover site)。Hamer *et al.* (2006) 認為一些在中途休息地進行的覆網研究，因岸鳥不會在當地累積大量能量，結果多顯示底棲無脊椎動物不受岸鳥捕食而顯著減少 (Wilson 1991; Ashley *et al.* 2000; Mitchell and Grubaugh 2005)。相對的，本研究實驗期間屬於秋過境期，岸鳥較高捕食壓力暗示蔥頭田可能為一些鳥種中途停棲地，但需配合繫放相關研究才能明確釐清過境地的屬性。

岸鳥的密度也是影響捕食壓力的重要原因。棲地中岸鳥密度愈高時，底棲無脊椎動物遭受的捕食壓力愈大。本研究 5 個進行鳥調的蔥頭田，紀錄到岸鳥的最高密度介於 74-1,537 ind. ha⁻¹，高於許多內陸濕地的相關研究 (Mitchell and Grubaugh 2005; Hamer *et al.* 2006; Sánchez and Green 2006)。

蔥頭田中較高的岸鳥密度可能與鄰近整體濕地水位狀態有關。Ferreira *et al.* (2005) 指出水位高低影響岸鳥密度，也是影響覆網實驗結果的因素之一。養殖魚塭是鄰近蔥頭田的主要內陸人為濕地，根據漁業署提供的資料，七股區魚塭面積約有 4,852 ha。魚塭水位下降時能吸引許多岸鳥前來覓食 (Rocha *et al.* 2017)。七股文蛤養殖池水位下降的曬池時間為冬季的 11-1 月；虱目魚吋苗養殖晒池則於每年 10-11 月 (Huang and Hsueh 2014)。因此七股的

8-9 月期間，魚塭多處於水位較高的養殖狀態，岸鳥可能聚集在低水位的蔥頭田等有限的棲地中而有較高密度。

結論與建議

淹水期間紅蔥頭田以水生寡毛類為最優勢底棲大型無脊椎動物。但在耕作前農民為了去除福壽螺而施撒苦茶粕之後，水生寡毛類顯著漸少，搖蚊幼蟲成為最優勢的類群。

淹水的蔥頭田於 9 月中後會陸續排水準備耕作，水位降低的過程吸引了秋過境期的岸鳥前來覓食。透過覆網實驗顯示岸鳥以搖蚊幼蟲為主要捕食對象，並顯著減少其族群密度，於 3 天的實驗期間平均約減少了 66.0%。

本研究證實了淹水蔥頭田的底棲大型無脊椎動物，在低水位的條件下，能提供秋過境岸鳥重要的食物來源。七股蔥頭田非耕作期間蓄水的操作方式，對水鳥保育有正面助益。

然而根據尚未發表測量資料，以農民目前淹水方式於 7-8 月平均水深超過 10 cm，因此多數農田水位仍太高，只能提供高蹺鴿等少數腳較長的鳥種，無法供多數中小型岸鳥使用。建議未來可與農民溝通，於 8 月調降水深營造適合岸鳥覓食環境。調降 1 次可維持 5-7 天低水位狀態(< 5 cm)，之後再將水位調高至原本深度。於 8 月調降水深除了能增加岸鳥利用的時間外，因此時尚未施灑苦茶粕，淹水田中也有較豐富的底棲無脊椎動物。透過適當的水位調整，預期能有效提高蔥頭田的生態功能。

致謝

本研究由行政院農業委員會特有生物研究保育中心提供經費支持。感謝本中心七股研究中心籌備處的王曉琪小姐、蔡文凱先生、蔡培祥先生及蘇昱任先生協助野外調查工作，以及棲地生態組的陳惠玲小姐協助整理採集樣本。

引用文獻

- Amano, T., T. Szekely, K. Koyama, H. Amano and W. J. Sutherland. 2010. A framework for monitoring the status of populations: an example from wader populations in the East Asian-Australasian flyway. *Biological Conservation* 143: 2238-2247.
- Ashley, M. C., J. A. Robinson, L. W. Oring and G. A. Vinyard. 2000. Dipteran standing stock biomass and effects of aquatic bird predation at a constructed wetland. *Wetlands* 20: 84-90.
- Basso, E., J. Fonseca, M. C. Drever and J. G. Navedo. 2017. Effects of intertidal habitat availability on the use of anthropogenic habitats as foraging grounds by shorebirds: a case study on semi-intensive shrimp farms. *Hydrobiologia* 809: 19-29.
- Chang, W. C. and Y. L. Yeh. 2014. pH Value Characteristics and *Pomacea canaliculata* Culling Performance of Tea Seed Kernel and Sapindus Doses. *Journal of Taiwan Agricultural Engineering* 60: 1-10.
- Chiayvareesajja, S., N. Rittibhonbhun, M. Hongpromyart and P. Wiriyaichitra. 1997. Toxicity of the Thai piscicidal plant, *Maesa ramentacea*, to freshwater fishes in ponds. *Aquaculture* 158: 229-234.
- Choi, C., X. Gan, N. Hua, Y. Wang and Z. Ma. 2014. The habitat use and home range analysis of Dunlin (*Calidris alpina*) in Chongming Dongtan, China and their conservation implications. *Wetlands* 34: 255-266.
- Davis, C. A. and L. M. Smith. 2001. Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the southern Great Plains. *The Auk* 118: 484-495.
- Dias, M. P., M. Lecoq, F. Moniz and J. E. Rabaça. 2014. Can human-made saltpans represent an alternative habitat for shorebirds? Implications for a predictable loss of estuarine sediment flats. *Environmental Management* 53: 163-171.
- Dias, R. A., D. E. Blanco, A. P. Goijman and M. E. Zaccagnini. 2014. Density, habitat use, and opportunities for conservation of shorebirds in rice fields in southeastern South America. *The Condor* 11: 384-393.
- Eldridge, J. L., G. L. Krapu and D. H. Johnson. 2009. Feeding ecology of arctic-nesting sandpipers during spring migration through the prairie pothole region. *Journal of Wildlife Management* 73: 248-252.
- Faria, M., A. M. V. M. Soares, N. Caiola and C. Barata. 2018. Effects of *Camellia sinensis*

- crude saponin on survival and biochemical markers of oxidative stress and multixenobiotic resistance of the Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis*. Science of the Total Environment 625: 1467-1475.
- Ferreira, W. L. S., C. E. Bemvenuti and L. C. Rosa. 2005. Effects of the shorebirds predation on the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, south Brazil. Thalassas 21: 77-82.
- Francis, G., Z. Kerem, H. P. S. Makkar and K. Becker. 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. British Journal of Nutrition 88: 587-605.
- Golet, G. H., C. Low, S. Avery, K. Andrews, C. J. McColl, R. Laney and M. D. Reynolds. 2018. Using ricelands to provide temporary shorebird habitat during migration. Ecological Applications 28: 409-426.
- Hamer, G. L., E. J. Heske, J. D. Brawn and P. W. Brown. 2006. Migrant shorebird predation on benthic invertebrates along the Illinois River, Illinois. The Wilson Journal of Ornithology 118: 152-163.
- Huang, S. Y. and M. L. Hsueh. 2014. Utilization of aquaculture ponds by wading birds during the draining period — a case study on milkfish and hard clam ponds in Qigu Area. Taiwan Journal of Biodiversity 16: 339-354.
- Iwamura, T., H. P. Possingham, I. Chad`es, C. Minton, N. J. Murray, D. I. Rogers, E. A. Trembl and R. A. Fuller. 2013. Migratory connectivity magnifies the consequences of habitat loss from sea-level rise for shorebird populations. Proceedings of the Royal Society B—Biological Sciences 280. DOI: 10.1098/rspb.2013.0325
- Jiang, X., H. C. B. Hansen, B. W. Strobel and N. Cedergreen. 2018. What is the aquatic toxicity of saponin-rich plant extracts used as biopesticides? Environmental Pollution 236: 416-424.
- Kasamesiri, P. and W. Thaimuangphol. 2019. Effects of agrochemical residues on aquatic invertebrates in semi-organic rice fields. International Journal of GEOMATE 16: 54-58.
- Kijprayoon, S., V. Tolieng, A. Petsom and C. Chaicharoenpong. 2014. Molluscicidal activity of *Camellia oleifera* seed meal. ScienceAsia 40: 393-399.
- Lin, R. S., Y. J. Lu, C. H. Yang, T. J. Tseng, C. J. Ko and W. J. Chen. 2016. The Red List of Birds of Taiwan, 2016. Endemic Species Research Institute and Forestry Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Nantou, Taiwan.
- Masero, J. A. 2003. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving

- waterbirds: salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. *Biodiversity and Conservation* 12: 1157-1173.
- Masero, J.A., F. Santiago-Quesada, J. M. Sanchez-Guzman, A. Villegas, J. M. Abad-Gomez, R. J. Lopes, V. Encarnação, C. Corbacho and R. Morán. 2011. Long lengths of stay, large numbers, and trends of the black-tailed godwit *Limosa limosa* in rice fields during spring migration. *Bird Conservation International* 21: 12-24.
- Minton, C., P. Dann, A. Ewing, S. Taylor, R. Jessop, P. Anton and R. Clemens. 2012. Trends of shorebirds in Corner Inlet, Victoria, 1982-2011. *Stilt* 61: 3-18.
- Mitchell, D. W. and J. W. Grubaugh. 2005. Impacts of shorebirds on macroinvertebrates in the lower Mississippi Alluvial Valley. *The American midland naturalist* 154: 188-200.
- Murray, N. J. and, R. A. Fuller. 2015. Protecting stopover habitat for migratory shorebirds in East Asia. *Journal of Ornithology* 156: 217-225.
- Nam, H. K., Y. S. Choi, S. H0 Choi and J. C. Yoo. 2015. Distribution of waterbirds in rice fields and their use of foraging habitats. *Waterbirds* 38: 173-183.
- Nam, H. K. and M. H. Kim. 2017. Determinations of shorebirds diets during spring migration stopovers in Korean rice fields. *Korean Journal of Environmental Biology* 35: 452-460.
- Nebel, S., J. L. Porter and R. T. Kingsford. 2008. Long-term trends of shorebird populations in eastern Australia and impacts of freshwater extraction. *Biological Conservation* 141: 971-980.
- Norling, W., C. W. Jeske, T. F. Thigpen and P. C. Chadwick. 2012. Estimating shorebird populations during spring stopover in rice fields of the Louisiana and Texas Gulf Coastal Plain. *Waterbirds* 35: 361-370.
- Pedro, P. and J. A. Ramos. 2009. Diet and prey selection of shorebirds on salt pans in the Mondego estuary, western Portugal. *Ardeola* 56: 1-11.
- Piersma, T., T. Lok, Y. Chen, C. J. Hassell, H. Y. Yang, A. Boyle, M. Slaymaker, Y. C. Chan, D. S. Melville, Z. W. Zhang and Z. Ma. 2016. Simultaneous declines in summer survival of three shorebird species signals a flyway at risk. *Journal of Applied Ecology* 53: 479-490.
- Quammen, M. L. 1981. Use of exclosures in studies of predation by shorebirds on intertidal mudflats. *The Auk* 98: 812-817.

- Quammen, M. L. 1984. Predation by shorebirds, fish, and crabs on invertebrates in intertidal mudflats: an experimental test. *Ecology* 65: 529-537
- Rocha, A. R., J. A. Ramos, T. Paredes and J. A. Masero. 2017. Coastal salt pans as foraging grounds for migrating shorebirds: an experimentally drained fish pond in Portugal. *Hydrobiologia* 790: 141-155.
- Roy, P. K., J. D. Munshi and H. M. Dutta. 1990. Effect of saponin extracts on morpho-histology and respiratory physiology of an air-breathing fish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Journal of Freshwater Biology* 2: 135-145.
- Sánchez, M. I. and A. J. Green. 2006. Shorebird predation affects density, biomass, and size distribution of benthic chironomids in salt pans: an enclosure experiment. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 9-18.
- Sánchez, M. I., A. J. Green and E. M. Castellanos. 2006. Spatial and temporal fluctuations in presence and use of chironomid prey by shorebirds in the Odiel salt pans, south-west Spain. *Hydrobiologia* 567: 329-340.
- Sardá, R., K. Foreman, C. E. Werme and I. Valiela. 1998. The impact of epifaunal predation on the structure of macroinfaunal invertebrate communities of tidal saltmarsh creeks. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46: 657-669.
- Seamans, T. W., B. F. Blackwell, G. E. Bernhardt and D. A. Potter. 2015. Assessing chemical control of earthworms at airports. *Wildlife Society Bulletin* 39: 434-442.
- Sesser, K. A., M. E. Reiter, D. A. Skalos, K. M. Strum and C. M. Hickey. 2016. Waterbird response to management practices in rice fields intended to reduce greenhouse gas emissions. *Biological Conservation* 197: 69-79.
- Sewell, M. A. 1996. Detection of the impact of predation by migratory shorebirds: an experimental test in the Fraser River estuary, British Columbia (Canada). *Marine Ecology Progress Series* 144: 23-40.
- Silva, I., D. Naya, F. T. de Mello, A. D'Anatro, G. Tesitore, C. Clavijo and I. González-Bergonzoni. 2021. Fish vs. Aliens: predatory fish regulate populations of *Limnoperna fortunei* mitigating impacts on native macroinvertebrate communities. *Hydrobiologia* 848: 2281-2301.
- Skagen, S. K. and F. L. Knopf. 1994. Residency patterns of migrating sandpipers at a midcontinental stopover. *The Condor* 96: 949-958.
- Smith, R. V., J. D. Stafford, A. P. Yetter, M. M. Horath, C. S. Hine and J. P. Hoover. 2012.

- Foraging ecology of fall-migrating shorebirds in the Illinois River valley. PLOS One 7:e45121.
- Sripanomyom, S., P. D. Round, T. Savini, Y. Trisurat and G. A. Gale. 2011. Traditional salt-pans hold major concentrations of overwintering shorebirds in Southeast Asia. Biological Conservation 144: 526-537.
- Strum, K. M., M. E. Reiter, C. A. Hartman, M. N. Iglecia, T. R. Kelsey and C. M. Hickey. 2013. Winter management of California's rice fields to maximize waterbird habitat and minimize water use. Agriculture, Ecosystems & Environment 179: 116-124.
- Studds, C. E., B. E. Kendall, N. J. Murray, H. B. Wilson, D. I. Rogers, R. S. Clemens, K. Gosbell, C. J. Hassell, R. Jessop, D. S. Melville, D. A. Milton, C. D. T. Minton, H. P. Possingham, A. C. Riegen, P. Straw, E. J. Woehler and R. A. Fuller. 2017. Rapid population decline in migratory shorebirds relying on Yellow Sea tidal mudflats as stopover sites. Nature Communications 8: 14895.
- Székel, T. and Z. Bamberger. 1992. Predation of waders (*Charadrii*) on prey populations: an enclosure experiment. Journal of animal ecology 61: 447-456.
- Taft, O. W. and S. M. Haig. 2005. The value of agricultural wetlands as invertebrate resources for wintering shorebirds. Agriculture, ecosystems & environment 110: 249-256.
- Terazaki, M., P. Tharnbuppa and Y. Nakayama. 1980. Eradication of predatory fishes in shrimp farms by utilization of Thai tea seed. Aquaculture 19: 235-242.
- Thrush, S. F. 1999. Complex role of predators in structuring soft-sediment macrobenthic communities: Implications of changes in spatial scale for experimental studies. Australian Journal of Ecology 24: 344-354.
- Thrush, S. F., R. D. Pridmore, J. E. Hewitt and V. J. Cummings. 1994. The importance of predators on a sand-flat: interplay between seasonal changes in prey densities and predator effects. Marine Ecology Progress Series 144: 22-40.
- Ueng, Y. T., J. P. Wang, P. C. L. Hou and J. J. Perng. 2009. Diet of Black-winged stilt chicks in coastal wetlands of southwestern Taiwan. Waterbirds 32: 514-522.
- Wilson, W. H., Jr. 1991. The foraging ecology of migratory shorebirds in marine soft-sediment communities: the effects of episodic predation on prey populations. American Zoologist 31: 840-848.
- 許獻平。2010。七股鄉誌。臺南縣七股鄉公所。

表 1. 各類優勢的底棲大型無脊椎動物在未加入苦茶粕蓄水蔥頭田與已加入者之密度比較

Table 1. Density comparison (ind. m⁻²) of dominant benthic macroinvertebrate groups in flooded shallot fields with and without tea seed meal

Taxa	Mean density (without tea seed meal)	Mean density (with tea seed meal)	W	P
aquatic Oligochaeta	7,913 ± 5,896	594 ± 441	16	0.029
Chironomid larva	3,226 ± 1,655	2,965 ± 1,393	7	0.886
Ostracoda	4,046 ± 3,626	509 ± 591	14	0.114
Notonectidae	478 ± 340	363 ± 302	9	0.770

Mann-Whitney U-Test

表 2. 各類優勢的底棲大型無脊椎動物在 3 個蓄水蔥頭田中於覆網實驗前後的密度(ind. m⁻²)比較(覆網時間為 3 天)

Table 2. Density comparison (ind. m⁻²) of dominant benthic macroinvertebrate groups before and after exclosure experiment in 3 flooded shallot fields (the duration of the experiment is 3 days)

Taxa	Mean density (before)	Mean density (after)	t value	P
Aquatic Oligochaeta				
open area	1,534 ± 1,450	956 ± 740	0.581	0.62
exclosure cage	2,188 ± 2,302	981 ± 795	0.85	0.485
Chironomid larva				
open area	5,106 ± 2,578	1,735 ± 1,714	6.11	0.026
exclosure cage	4,401 ± 3,098	5,659 ± 2,827	-2.115	0.169
Ostracoda				
open area	629 ± 535	1,006 ± 884	-0.63	0.573
exclosure cage	755 ± 671	664 ± 692	0.693	0.56
Notonectidae				
open area	679 ± 1,048	0 ± 0	1.122	0.378
exclosure cage	101 ± 115	302 ± 272	-2	0.184

paired t-test

表 3. 各種岸鳥在 5 個水位降低的蔥頭田中記錄到的最大數量

Table 3. Maximum number of different shorebird species recorded in five flooded shallot fields with lower water level

Scientific Name	Common Name	St1	St2	St3	St4	St5
<i>Calidris subminuta</i>	長趾濱鷸	57	50	11	19	536
<i>Tringa glareola</i>	鷹斑鷸	75	50	1		11
<i>Charadrius dubius</i>	小環頸鷸	18	37	19	8	36
<i>Himantopus himantopus</i>	高蹺鷸	10	13		1	63
<i>Tringa stagnatilis</i>	小青足鷸	19	22			6
<i>Calidris ruficollis</i>	紅胸濱鷸	1	2	3	8	12
<i>Charadrius alexandrinus</i>	東方環頸鷸	1	9	3	1	1
<i>Tringa nebularia</i>	青足鷸		3			
<i>Calidris temminckii</i>	丹氏濱鷸				1	
<i>Recurvirostra avosetta</i>	反嘴鷸		1			
<i>Calidris alpina</i>	黑腹濱鷸				1	
<i>Calidris falcinellus</i>	寬嘴鷸		1			



圖 1. 研究地點地圖。

Fig. 1. Map of the study site.

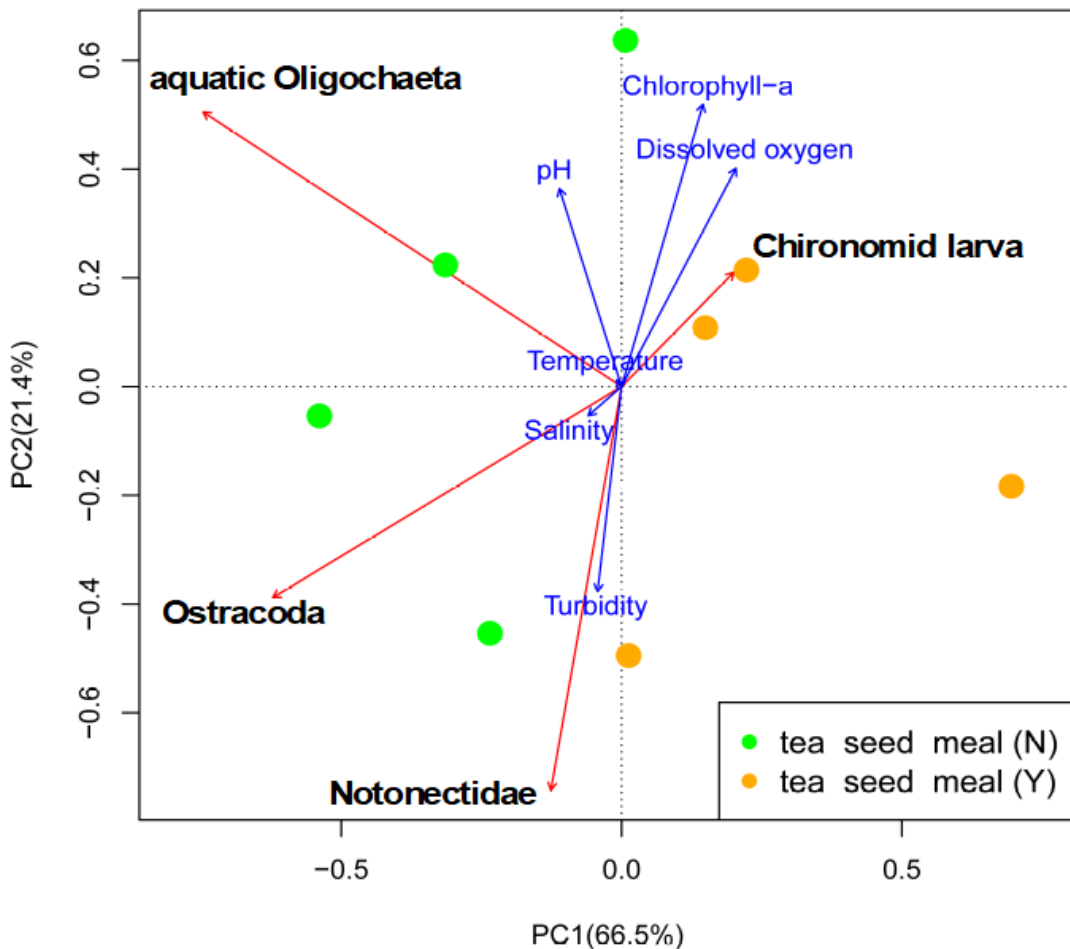


圖 2. 優勢底棲大型無脊椎動物、樣點及水質因子主成分分析結果之三序圖(triplot)。紅色箭頭表示底棲大型無脊椎動物類群。藍色箭頭表示水質因子。綠色原點表示未施灑苦茶粕之蔥頭田。橘色表示已施灑苦茶粕之蔥頭田。

Fig. 2. Triplot of PCA results showing the association between sample site and environmental variables on the dominant benthic macroinvertebrate groups composition in 8 flooded shallot fields. Red arrows represent benthic macroinvertebrate groups. Blue arrows represent the environmental variables. Green points represent flooded shallot fields without tea seed meal. Orange points represent flooded shallot fields with tea seed meal.

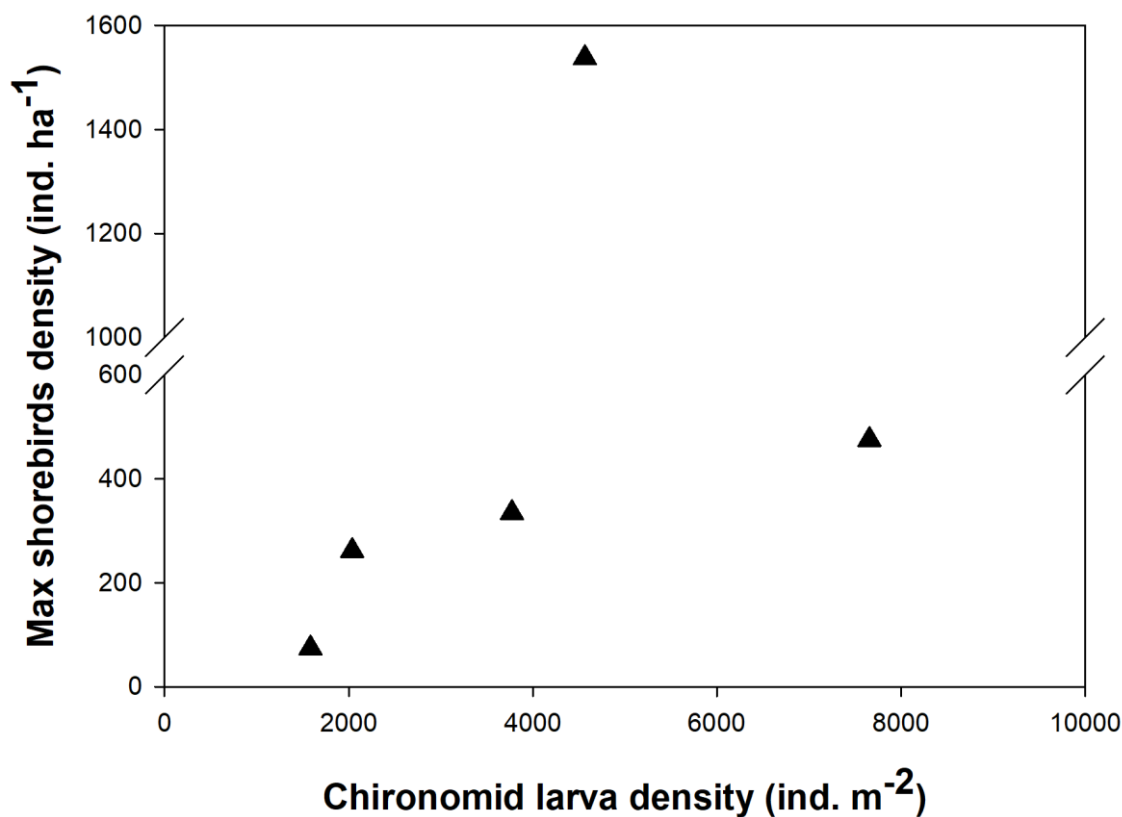


圖 3. 在 5 個水位降低的蔥頭田中搖蚊幼蟲密度與記錄到最大岸鳥密度關係。

Fig. 3. Display the relationship between chironomid larva density and maximum shorebird density in five flooded shallot fields with shallow water.